

# НАЦІОНАЛЬНА АКАДЕМІЯ НАУК УКРАЇНИ

Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича

**ЗАТВЕРДЖЕНО:**

В.о. директора ІПМ НАН України

Чл.-кор. НАН України



Г.А.Баглюк

**СХВАЛЕНО:**

Вченою радою ІПМ НАН України

Протокол № 6 від 24 жовтня 2023 р.

**Силабус з навчальної дисципліни  
«Теорія та технології консолідації, спікання порошкових  
матеріалів та обробки матеріалів тиском»  
складається в межах ОПН підготовки доктора філософії  
третього (освітньо-наукового) рівня вищої освіти  
для здобувачів за спеціальністю 132 Матеріалознавство**

## 1. Загальна характеристика курсу

<b>Назва дисципліни</b>	Теорія та технології консолідації, спікання порошкових матеріалів та обробки матеріалів тиском
<b>Адреса викладання дисципліни</b>	вул. Омеляна Пріцака (Кржижановського), 3, Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М.Францевича НАН України, Київ, 03142, Україна
<b>Галузь знань, шифр та назва спеціальності</b>	13 «Механічна інженерія» -132 «Матеріалознавство»
<b>Викладачі дисципліни</b>	д.т.н., с.н.с Максименко Андрій Леонідович, к.т.н., с.н.с. Толочин Олександр Іванович, к.т.н. Литвин Роман Валерійович
<b>Контактна інформація викладачів</b>	+380442057987 <a href="mailto:andriimaximenko@gmail.com">andriimaximenko@gmail.com</a> – Максименко А.Л. +380674494849 <a href="mailto:tau@ipms.kiev.ua">tau@ipms.kiev.ua</a> – Толочин О.І. +380677754268 <a href="mailto:rovalit@ukr.net">rovalit@ukr.net</a> – Литвин Р.В
<b>Консультації з питань навчання по дисципліні відбуваються</b>	В дні лекцій за попередньою домовленістю
<b>Інформація про дисципліну</b>	Курс розроблено таким чином, щоб надати слухачам знання, необхідні для проведення наукових досліджень в рамках виконання дисертаційної роботи. Курс охоплює основні аспекти узагальнення теоретичних основ і практичних навичок з технологій консолідації, спікання та обробки тиском порошкових матеріалів, які потрібні для успішного становлення науковця в галузі матеріалознавства.
<b>Коротка анотація дисципліни</b>	Дисципліна “Теорія та технології консолідації, спікання порошкових матеріалів та обробки матеріалів тиском” є дисципліною за вільним вибором для аспірантів зі спеціальності 132 Матеріалознавство для освітньої програми підготовки доктора філософії, яка викладається в Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича НАН України в 3 семестрі в обсязі 2 кредитів (за Європейською Кредитно-Трансферною Системою ECTS).
<b>Мета та цілі дисципліни</b>	Метою і завданням навчальної дисципліни «Теорія та технології консолідації, спікання порошкових матеріалів та обробки матеріалів тиском» є формування фундаментальних знань та практичних навичок в області порошкової металургії. У підсумку спеціаліст повинен знати особливості, переваги та недоліки, області застосування сучасних методів консолідації дисперсних матеріалів. Демонструвати науково обґрунтований підхід для вибору методів компактування в залежності від фізико-механічних властивостей порошкового матеріалу, що оброблюється, володіти методами теоретичного відображення процесів консолідації, знати основні поняття і категорії процесів пресування і спікання порошкових та керамічних матеріалів, вміти використовувати сучасні інформаційні джерела національного та міжнародного рівня для оцінки стану вивченості об’єкту досліджень і актуальності наукової проблеми; мати навички роботи з сучасним обладнанням при проведенні експериментальних досліджень з консолідації дисперсних матеріалів та отримання компактних виробів методами порошкової

	металургії.
<b>Вимоги навчальної дисципліни</b>	Курс є дисципліною за вільним вибором аспірантів. Обсяг курсу – 2 кредита ECTS, 20 год аудиторних занять, з них 15 год лекційних занять, 5 практичних занять та 40 год самостійної роботи (очна форма навчання). Вивчення наукової дисципліни вимагає обов'язкове відвідування аудиторних занять, активну участь в обговоренні питань, якісне і своєчасне виконання завдань самостійної роботи, а також участь у всіх видах контролю.
<b>Підсумкова форма контролю знань</b>	Залік
<b>Очікувані результати навчання</b>	<i>Після завершення цього курсу студент буде:</i> - <i>знати:</i> підходи до створення новітніх матеріалів, володіти концептуальними та методологічними знаннями в галузі порошкової металургії та бути здатним застосовувати їх до професійної діяльності на межі предметних галузей. - <i>вміти:</i> інтегрувати існуючі методики та методи одержання сучасних матеріалів та адаптувати їх для розв'язання наукових завдань при проведенні дисертаційних досліджень.
<b>Ключові слова</b>	<i>Порошкові та керамічні матеріали, методи консолідації, формування, пресування, спікання</i>
<b>Пререквізити</b>	Для вивчення курсу студенти потребують базових знань зі спеціальних дисциплін (глибинні знання зі спеціальності) та знань з дисциплін, що розвивають загальнонаукові компетентності, які вивчають на першому та другому році навчання в аспірантурі.
<b>Навчальні методи та техніки, які будуть використовуватися під час викладання курсу</b>	Презентація, лекції, дискусія
<b>Необхідне обладнання</b>	Мультимедійне обладнання

## 2. План викладання дисципліни

Тема, план	Кількість годин		
	усього	у тому числі	
		аудиторні	Само- стійна робота
<b>Тема 1 Методи формування порошкових та керамічних заготовок</b> інжекційне формування та шлікерне лиття; електрофоретичне формування; 3Д друк порошкових заготовок.	8	3	5
<b>Тема 2 Пресування порошкових та керамічних заготовок</b> холодне пресування: багатоходові прес-інструменти; гаряче пресування: ізостатичне пресування, гаряче штампування, іскро-плазмове спікання.	7	2	5

<b>Тема 3. Моделювання пресування порошків</b> холодне пресування: поверхня текучості та деформаційне зміцнення; гаряче пресування: рівняння повзучості та росту зерен; скінчено елементне моделювання пресування.	7	2	5
<b>Тема 4. Методи спікання порошкових та керамічних матеріалів</b> рідкофазне спікання та його застосування; твердофазне спікання: механізми та застосування.	8	3	5
<b>Тема 5 Моделювання спікання та його можливості</b> скінчено-елементне моделювання рідкофазного та твердофазного спікання; дискретне моделювання процесів спікання.	6	2	4
<b>Тема 6. Передові технологічні процеси консолідації порошкових та композиційних матеріалів високим тиском</b> штампування порошкових виробів (високоточне, секційне, ротаційне, ізотермічне, високошвидкісне, з використанням ефекту надпластичності матеріалу, тощо); прокатування порошків (симетричне, асиметричне); обладнання та технологічна оснастка для холодного, теплого та гарячого компактування порошків.	6	2	4
<b>Тема 7. Структурна інженерія конструкційних матеріалів з використанням інтенсивних пластичних деформацій (ІПД)</b> методи інтенсивної пластичної деформації матеріалів (РКУП, прокатування із зсувом, волочіння із зсувом, твіст-екструзія, тощо); об'ємно-наноструктуровані конструкційні матеріали (структура та механічні властивості матеріалів після ІПД).	6	2	4
<b>Тема 8. Консолідація металічних порошків та кераміки мікрохвильовим спіканням</b> принцип методу та процес мікрохвильового нагріву; діелектричні властивості матеріалів та абсорбція мікрохвильової енергії; приклади обробки матеріалів НВЧ.	6	2	4
<b>Тема 9. Іскроплазмове спікання (Spark Plasma Sintering) порошкових матеріалів</b> принципи та фізичні механізми іскроплазмового спікання; обладнання SPS; процеси на контактах між частинками порошків при SPS; приклади застосування методу.	6	2	4
<b>Загалом</b>	60	20	40

### 3. Контроль знань

В основі методів контролю знань використовуються поточне індивідуальне опитування та залік.

#### Шкала оцінювання: національна та ECTS

Оцінка ECTS	Сума балів за навчальну діяльність	Оцінка за національною шкалою
A	90–100	Відмінно
B	82–89	Добре
C	74–81	
D	64–73	Задовільно
E	60–63	Достатньо
F <sub>x</sub>	35–59	Незадовільно з можливістю повторного складання
F	1–34	Незадовільно з обов'язковим повторним вивченням курсу

#### 4. Список базової літератури

1. М.Б. Штерн, Механічні та комп'ютерні моделі консолідації гранульованих середовищ на основі порошків металів і кераміки при деформуванні та спіканні/ М.Б. Штерн, В.Д. Рудь, В.В. Скороход// Луцьк: Луцьк. нац. техн. ун-т, 2010.-250с.
2. E.A. Olevsky, D. Dudina, Field assisted sintering.- Springer.2018.-425с.
3. Скороход В.В. Наука про спікання: еволюція ідей, досягнення, поточні проблеми та нові тенденції II Проблема активного спікання. Роботи раннього періоду / В.В. Скороход // Порошкова металургія. – 2016. – №01/02. – С.26-40.
4. Mikell P. Groover, Fundamentals of Modern Manufacturing: Materials, Processes and Systems, 7 Edition. – Wiley & Sons, 2021. – 1008 Pages.
5. Autar K. Kaw, Mechanics of composite materials, 2nd ed. – Taylor & Francis Group, 2006. – 457 p.
6. Ghader Faraji, H.S. Kim, Hessam Torabzadeh Kashi, Severe Plastic Deformation: Methods, Processing and Properties. 1st Edition - July 14. – Elsevier Inc., 2018. – 315 p.
7. О. В. Хоменко Інтенсивна пластична деформація: методи та математичні моделі формування наноматеріалів // Журнал фізичних досліджень, – 2020. –Т.24. – №2. – С. 2000-1-2000-20.
8. Б.П. Серета, І.В. Кругляк, А.К. Коваленко, Обробка тиском порошкових матеріалів. Навчально-методичний посібник. – Запоріжжя, 2009. – 110 с.
9. Rosochowski A. (Ed.) Severe Plastic Deformation Technology. - Whittles Publishing, 2017. — 273 p.
10. Padmanabhan K.A., Prabu S.B., Mulyukov R.R., Nazarov A., Imayev R.M., Chowdhury S.G. Superplasticity: Common Basis for a Near-Ubiquitous Phenomenon. - Springer-Verlag, 2018. — 536 p.
11. Microwave processing of materials (под ред. D.E. Stein). Washington D.C.: National Academy Press. 1994. –150 p.
12. L. Ćurković, R. Veseli, I. Gabelica I. Žmak, I. Ropuš, M. Vukšić. A Review of Microwave-Assisted Sintering Technique. Transactions of FAMENA, Vol. 45 No. 1, 2021. –P. 1-16. <https://doi.org/10.21278/TOF.451021220>
15. Zgalat-Lozinskii O.B. Nanocomposites based on refractory compounds, consolidated by rate-controlled and spark-plasma sintering (review) / O.B. Zgalat-Lozinskii // Powder Metall Met Cer. – 2014. – No 53. – P.19–30.
16. Randall M. German, Powder Metallurgy Science. – Metal Powder Industry, 1994. – 472 p.